LAVELEYE

AFFAISSEMENT

DU SOL







GÉOLOGIE.

AFFAISSEMENT DU SOL

ET

ENVASEMENT DES FLEUVES.

Bruxelles. — Impr. de E. Guyot,
rue de Schaerbeck, 12.

GÉOLOGIE

AFFAISSEMENT DU SOL

ET

ENVASEMENT DES FLEUVES

SURVENUS

DANS LES TEMPS HISTORIQUES

PAR

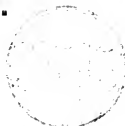
A. DE LAVELEYE



PARIS
LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE
E. LACROIX
RÉUNION DE L'ANCIENNE MAISON MATHIAS ET DU COMPTOIR DES IMPRIMEURS
15, QUAI MALAQUAIS, 15

1859

GÉOLOGIE.



INTRODUCTION.

Aux embouchures de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin, une grande étendue de pays, autrefois couverte d'eau, se trouve maintenant livrée à l'agriculture par suite d'endiguements faits par main d'homme ; ce sont là des faits incontestables, prouvés par des documents écrits, si précis, qu'ils relatent l'époque exacte à laquelle ces terres ont été soustraites au domaine de la mer. Chaque année, de nouvelles terres viennent s'ajouter à celles antérieurement conquises.

On est naturellement porté à se demander quelles sont les causes qui ont rendu possibles les empiétements que nous venons de signaler?

L'étude de cette question nous a conduit à constater des phénomènes géologiques du plus haut intérêt.

Il y a deux causes qui agissent en sens contraire, et l'atterrissement est le résultat de la différence d'énergie qu'elles déploient.

D'une part, le littoral de la mer du Nord s'affaisse graduelle-

ment, ce qui tend à approfondir les fleuves qui débouchent dans cette partie de l'Océan.

D'autre part, des dépôts sablonneux et vaseux se forment en abondance dans les embouchures fluviales où le flux se fait sentir.

La deuxième cause agissant avec une énergie bien supérieure à la première, il en résulte l'envasement très-prononcé des embouchures de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin.

L'existence de ces deux causes simultanées peut s'établir d'une manière qui ne laisse aucun doute, et c'est à cette démonstration que nous allons consacrer cet opuscule; nous n'aurons, pour cela, qu'à nous appuyer sur des observations recueillies dans les faits géologiques et historiques.

Quant à la cause efficiente qui occasionne cet affaissement du littoral, nous n'émettrons aucune hypothèse; ce serait de la théorie, tandis que notre intention est de nous renfermer dans le domaine des faits.

Les faits consignés dans cette notice sont principalement relatifs à la triple embouchure de l'Escaut, du Rhin et de la Meuse, où les phénomènes se présentent sous le jour le plus favorable à l'observation.

AFFAISSEMENT DU SOL.

Les preuves surabondent tant dans les faits géologiques que dans les témoignages historiques; nous n'avons en réalité que l'embarras du choix pour établir cette proposition d'une manière qui nous semble laisser bien peu de prise au doute.

Dans certaines parties de la Hollande, le sol des polders s'est tellement abaissé qu'à marée basse il serait sous l'eau si les digues n'y mettaient obstacle.

Si la différence de niveau entre le sol et la mer eût été anciennement ce qu'elle est aujourd'hui, la construction des digues eût été une chose matériellement impossible.

Par exemple, la digue de West-Capelle préserve toute la Zélande de submersion : donc, si elle n'existait pas, toute cette contrée serait mer; vouloir faire une pareille construction dans cet état de choses serait, comme nous venons de le dire, radicalement impossible, même aux forces réunies de tous les peuples de l'Europe. Il a donc dû nécessairement exister une époque où les niveaux respectifs de la terre et de l'onde étaient moins différents qu'ils ne le sont aujourd'hui; de plus, cette différence de niveau a dû avoir lieu depuis l'existence de l'homme sur la terre, puisque ces digues sont le résultat de l'activité humaine.

Cherchons si l'histoire ne nous fournit pas quelques éclaircissements à cet égard.

César, dans ses *Commentaires*, dit, en parlant des morins et des Ménapiens, anciens hôtes de ces contrées, que ces peuples habitaient un pays plein de *forêts* et de *marais*, où ils se retiraient en abandonnant leurs chaumières, que lui ou ses

lieutenants saccageaient et brûlaient sans parvenir à soumettre ces barbares.

Dans un autre endroit des *Commentaires*, il dit qu'il essaya de percer jusqu'à leurs retraites inaccessibles en faisant abattre ces forêts ; mais, en considérant leur immense étendue, il désespéra d'en venir à bout et renonça à son entreprise.

Ceux qui habitaient au bord de l'Océan se retiraient, dit-il, dans les îles que la mer formait par son flux. Il fallut dix années d'efforts pour vaincre cette résistance.

Ainsi, du temps de César, le littoral de la mer du Nord était habité par des peuples n'ayant pas encore construit des villes; ils s'abritaient dans des cabanes au milieu d'immenses forêts, parsemées de marais fangeux aboutissant à une côte maritime que le flux couvrait partiellement d'eau.

Ce n'est, certes, pas ce peuple qui a fait le gigantesque travail imposant des bornes à l'Océan et préservant la Hollande d'être engloutie par les flots.

On peut hardiment affirmer que, du temps de César, ce qui remonte à peu près à deux mille ans, les digues n'existaient pas, d'autant plus qu'aucun historien ne fait mention d'un travail aussi extraordinaire qui, certes, était de nature à éveiller l'attention.

Nous sommes donc déjà en droit de conclure qu'il y a 2,000 ans les niveaux relatifs de la terre et de la mer étaient très-différents de ce qu'ils sont aujourd'hui, et que la mer s'est élevée ou que le terrain s'est affaissé.

La découverte de monuments élevés jadis en terre ferme, et actuellement submergés, vient confirmer cette conclusion.

Dombourg, en Zélande, possédait vers le milieu du IIIe siècle un temple consacré à la déesse Nehalennia ; ce temple fut englouti par la mer, et, par une marée excessivement basse,

on a retrouvé les ruines du temple et plusieurs autels votifs que les flots avaient laissés à découvert (1).

Les ruines du château de Britten (*arx Britannica*), près de Catwik, à un kilomètre en mer, sont tellement submergées qu'on ne les aperçoit plus que dans des circonstances exceptionnelles. En 1520, par une marée très-basse, les murs furent mis à découvert; ils avaient encore 8 pieds de hauteur; en 1552, on put de nouveau y atteindre, mais les murs n'avaient plus que 2 pieds; enfin, en 1752, par une marée exceptionnellement basse, les fondations apparurent une troisième fois, mais on n'en voyait que les pilotis.

On prétend même avoir reconnu, à 2 ou 3 kilomètres en mer et sous 10 brasses d'eau, les ruines d'une tour dont on attribue l'édification à Caligula, en mémoire d'une grande victoire remportée sur les Bretons.

Si l'on n'était pas convaincu de cet affaissement du terrain bordant le littoral de la mer du Nord, on ne saurait résister aux preuves suivantes :

On sait que l'on emploie en Hollande des moulins à vent pour extraire les eaux des polders; les premiers moulins fu-

(1) Vers la fin de l'année 1646 les vents soufflèrent constamment et avec violence de l'est et du nord-est ; cette circonstance eut pour résultat de refouler la mer bien plus loin des côtes qu'elle ne les abandonne d'habitude, et le 5 janvier 1647 on fit, dans les sables de la grève ainsi mis à nu, la découverte d'antiquités extrêmement curieuses : ce sont les ruines d'un temple de forme circulaire, dont on ne soupçonnait pas l'existence.

Les magistrats de la ville de Domburg se transportèrent sur les lieux et firent extraire, en fouillant le sable, 23 pierres chargées de sculptures et d'inscriptions, indépendamment de plusieurs vases et de quelques médailles que l'on a conservées avec soin.

L'une de ces pierres portait sculptée la figure de Jupiter Olympien, et deux autres étaient chargées de bas-reliefs relatifs à Neptune armé de son trident ; à ses pieds se trouvait un oiseau de mer.

Les autres pierres sont relatives à une certaine déesse, dont le nom *Neha-*

rent construits à Enkhuizen, en 1452. Jusqu'à cette époque, les polders de la localité avaient pu évacuer leurs eaux à marée basse; mais le sol s'était tellement affaissé que cela devenait impossible, et que l'on eut recours à cet artifice pour élever les eaux au-dessus du niveau de la basse mer. L'affaissement faisant de nouveaux progrès, on eut, dans la marée basse, un point de repère qui permit de constater qu'en 1616, c'est-à-dire 164 ans après, le sol s'était affaissé de 5 1/4 pieds d'Amsterdam ($1^m,25$), ce qui fait presque un mètre par siècle. En 1732, c'est-à-dire 116 ans plus tard, un nouvel affaissement de 1 pied 1 pouce ($0^m,31$) s'était manifesté, ce qui ne donne plus qu'un enfoncement de 2 1/2 millimètres par année. Nous ne savons pas si d'autres mesures ont été prises depuis.

Nous faisons remarquer que l'affaissement est continu, mais qu'il semble suivre une marche décroissante, ce qui serait un point très-utile à constater.

Comme second exemple, nous choisirons le polder de Wieringerwaard, où l'on établit, lors de l'endiguement, en 1608, un système de moulins; en 1731, le terrain s'était tel-

lennia, se répète, à peu près sur toutes les pierres; elle y est représentée sous la forme d'une femme assise, tenant sur ses genoux une corbeille de fruits; à sa droite un chien accroupi, à sa gauche une corne d'abondance; elle est assise sous un chêne touffu et a le pied posé sur un gouvernail.

Il paraît que le culte de cette déesse n'était pas exclusivement local, car Gruterus rapporte que l'on a trouvé, près de Cologne, un autel votif où le nom de la déesse, Nehalennia, se trouvait gravé entre deux cornes d'abondance.

Les médailles trouvées dans le temple sont aux effigies de Germanicus, Trajan, Septime Sévère, Antonin le Pieux, Maxime, Posthume et Tétricus; leur antiquité remonte donc entre les années 76 et 270 de l'ère chrétienne. C'est donc vers cette dernière époque que le temple a cessé d'être accessible par suite de l'envahissement de la mer.

lement affaissé que l'on dut superposer un second jeu de moulins à l'ancien.

Toutes les conséquences que l'on peut déduire d'un affaissement se retrouvent dans les terrains ; ainsi, dans les polders de la rive gauche de l'Escaut, où l'on a successivement endigué de nouvelles portions de terres, le niveau du sol des polders est d'autant plus bas qu'ils sont plus anciennement endigués : de telle sorte qu'il y a une pente très-prononcée vers l'intérieur du pays, ce qui est tout l'opposé de ce qui se présente généralement au bord des rivières.

On voit que nous avons fait un pas de plus. Non-seulement l'affaissement du sol est constaté, mais il est, de plus, établi que ce phénomène se produit d'une manière progressive qui s'est continuée jusqu'à nos jours.

Nous pouvons ajouter que cet affaissement n'est pas uniforme et qu'il va constamment en augmentant, depuis le Pas-de-Calais jusqu'en Hollande, où il semble avoir acquis son maximum de dépression à l'embouchure des trois fleuves, l'Escaut, la Meuse et le Rhin.

Les rues de Calais sont, en moyenne, de 5 pieds au-dessus des hautes marées; celles de Dunkerque et Gravelines, 3 pieds seulement ; Ostende, 1 pied; à Amsterdam et à Rotterdam, les rues sont établies au-dessous des hautes marées, ce qui semble indiquer un plan incliné relativement au niveau de la mer.

Cette première indication se trouve amplement confirmée par le niveau général des terres cultivées; car, aux environs de Calais, le sol est au niveau des hautes marées; à Dunkerque, il est à 1 mètre au-dessous des hautes eaux; puis on arrive à trouver, le long de l'Aa, 1 1/2 mètre, à Furnes, 3 mètres. Les anciens polders de l'Escaut sont à 3 1/2 mètres au-dessous des hautes eaux, c'est-à-dire très-peu supé-

rieurs aux basses eaux. Enfin, dans la Hollande, à l'embouchure de la Meuse, le sol des polders est de 1 à 2 mètres au-dessous des plus basses eaux. Sans les digues, ce pays serait une mer navigable.

Les faits nous ont conduit comme par la main aux conclusions suivantes :

Le sol du littoral de la mer du Nord s'est affaissé.

Cet affaissement a été progressif, et l'on peut en suivre le développement dans les temps historiques.

Enfin, cet affaissement n'est pas uniforme. Il va en croissant depuis le Pas-de-Calais jusqu'à l'embouchure du Rhin, en Hollande, où il acquiert son maximum.

Il nous reste à nous former une idée des dimensions en longueur, largeur et profondeur de cet affaissement. Pour cela, ayons recours aux données que fournit le science géologique.

Depuis le Pas-de-Calais jusqu'à l'extrémité du Jutland, règne une bande de terrain d'une horizontalité presque parfaite, dépassant à peine la surface des eaux et même, dans certaines localités, restant au dessous de la mer, qui inonderait ces terres si des digues construites par main d'homme n'y mettaient obstacle.

Cette longue bande de terrain, d'une largeur variable, qui peut s'estimer en moyenne de 50 à 60 kilomètres, a plus de 800 kilomètres de longueur; elle traverse, depuis Calais, le nord de la France, la Belgique, la Hollande, le Hanovre, le Holstein et va côtoyer la mer Baltique.

Dans toute cette étendue, pas un rocher ne se montre. Partout un sol plat, composé de vase mêlée de sable provenant du limon des fleuves que l'on voit tous les jours se déposer et créer une nouvelle terre douée d'une excessive fertilité.

Cette formation n'a qu'une épaisseur très-faible ; elle at-

teint rarement 3 à 4 mètres du côté de la mer, et, allant en s'amincissant vers l'intérieur des terres, elle vient s'y terminer en coin. Sa limite y dessine une ligne très-sinueuse, dont la direction générale est à peu près parallèle à la mer du Nord ; on peut suivre cette ligne pas à pas et la dessiner avec précision sur la carte, car ces terrains vaseux sont d'une grande valeur et sont reconnaissables à la première vue.

Ce terrain, qui commence en pointe vers le Pas-de-Calais, va s'élargissant à mesure qu'il s'approche de la Hollande, où nous avons vu que se trouve le maximum d'enfoncement du sol. A partir de ce point, sa largeur se maintient dans les autres pays qu'il traverse ensuite.

Si l'on faisait abstraction de la mince couche de terrain alluvionnaire dont nous venons de déterminer d'une manière générale l'étendue en longueur, largeur et épaisseur, nous trouverions des tourbières d'une immense étendue, tellement rapprochées les unes des autres qu'elles semblent former une couche continue d'une épaisseur variable, atteignant quelquefois 4 et 5 mètres. Cette couche repose sur un sol sablonneux ou argileux, sur lequel on rencontre une multitude de troncs d'arbres, les uns couchés, les autres plantés debout sur leurs racines; la plupart sont des sapins dont le bois est à peine altéré; on y rencontre aussi des chênes et des noisetiers dont on retrouve les fruits disséminés dans la tourbe. Aux environs de Dixmude, on a rencontré des semences de genêt.

Cette tourbe, composée de roseaux, de joncs, de fougères, de feuilles, de mousses et de branches d'arbres, etc., est en tous points semblable à celle que l'on voit encore dans la Campine, la Hollande, le Holstein, le Hanovre et toute la basse Allemagne, à l'exception, toutefois, que les tourbes des pays situés au-dessus du niveau de la mer ne contiennent pas de sels marins, tandis que celles qui ont été recou-

vertes de sédiment en sont pénétrées à tel point, que les cendres de tourbes hollandaises ont servi, pendant longtemps, de matières premières pour en extraire le sel marin, qui y a été naturellement introduit par son séjour momentané au-dessous des eaux salées.

Le sous-sol des tourbes recouvertes de limon est le prolongement non interrompu des terrains sablonneux qui occupent une partie de la Belgique, de la Prusse et de la basse Allemagne jusqu'au pied des montagnes du Harz, contrées qui, elles aussi, recèlent une immense quantité de tourbières, comme le font observer les géographes.

Non-seulement le sol tourbeux se continue vers l'intérieur des terres, mais il se prolonge aussi sous la mer, ainsi que viennent le constater les indices suivants :

En creusant le sable de l'estrand, c'est-à-dire la plage laissée par la mer entre la haute et la basse marée, on trouve assez généralement la couche tourbeuse que l'on observe en deçà des dunes. Entre Ostende et Nieuport, les paysans en ont extrait une assez grande quantité en 1823. Quelquefois la tourbe vient à nu, et ces endroits sont dangereux pour ceux qui s'y engagent, surtout s'ils sont à cheval ou en voiture; cette tourbe sous-marine est absolument semblable à la tourbe sous-vaseuse.

A chaque tempête un peu violente, la mer rejette une grande quantité de tourbe sur les côtes de l'île de Walcheren, ce qui démontre qu'elle existe aussi plus loin en mer.

L'ancien sous-sol sur lequel repose le lit de vase se prolonge donc dans les deux sens, d'une part à l'intérieur du pays, de l'autre, sous la mer; c'est une même formation géologique non interrompue.

Les dunes actuelles, les puissantes digues élevées par la main des hommes, et même la couche de limon que nous

avons décrite, ne sont que des accidents survenus après la formation de cette immense plaine sablonneuse, faiblement ondulée, qui recouvre une partie de l'Europe centrale et se prolonge, en s'inclinant légèrement, sous les profondeurs de l'Océan.

La partie de cette plaine recouverte de vase d'alluvion est, avons nous dit, peuplée d'arbres encore debout et d'autres renversés; or, cette forêt n'a pu croître sous l'eau salée, pas plus que la tourbe n'a pu être créée sous la mer; une végétation aussi luxuriante n'a pu exister que pour autant qu'elle se trouvât à l'abri des atteintes de l'eau de mer, dont le séjour est incompatible avec ce genre de végétation.

Nous avons même une foule de preuves que ce pays, actuellement sous la vase, a été habité dans les temps historiques, avant qu'il ait été envahi par l'eau. Laissons parler les découvertes faites dans les tourbières.

Debast, dans son *Recueil d'antiquités romaines et gauloises*, rapporte que l'on a extrait de la tourbe des vases en terre cuite, fort étroits par le haut et par le bas, renflés par le milieu; des plats plus ou moins grands, quelquefois enjolivés de figures; un de ces plats de terre, découvert à Wenduyne, porte dans son milieu des caractères romains. On a trouvé dans un polder endigué en 1370, un marteau en fer gisant sous la tourbe; cette pièce est conservée dans le musée zélandais. Une planche fut pareillement trouvée dans la tourbe. Les tourbières ont encore fourni des tombeaux, des autels votifs, des fioles en verre, des poteries en terre cuite, noire, rouge et grise, ainsi qu'une quantité d'autres objets qui dénotent que ces localités étaient habitées avant que la vase les recouvrît; des poteries se trouvent souvent sur la tourbe près de monceaux de cendres et de tisons à moitié brûlés. Des médailles, se rapportant à l'époque de l'invasion romaine, se rencontrent fréquemment entre la vase et la tourbe.

Nous pouvons dire qu'à une époque précédant l'envahissement de la vase, ce pays était habité par un peuple vivant dans d'épaisses forêts marécageuses, dans lesquelles la formation de la tourbe était très-active. Cette description s'accorde mot pour mot avec celle que César nous a transmise du pays des Morins et des Ménapiens.

Il n'y a donc pas à en douter, le pays qui est actuellement au-dessous du niveau de la mer et recouvert de vase était autrefois au-dessus des eaux et habité.

Nous pouvons même, jusqu'à un certain point, estimer combien ce pays s'est affaissé depuis que César l'a soumis à la domination romaine; en effet, nous avons vu qu'en 1452 le polder d'Enkhuizen était à peu près à la hauteur de la mer à marée basse, que 280 ans plus tard, en 1732, le sol était descendu de 1,83 mètre, c'est-à-dire, en moyenne, d'une soixantaine de centimètres par siècle ou de 6 millimètres par an.

En fractionnant les données des observations que nous avons rapportées, on est conduit à conclure que cet affaissement varie d'intensité; au xve siècle il aurait été de 9 millimètres par année, et se serait réduit à 2 1/2 millimètres par an au xviiie siècle.

Cette observation peut avoir son importance comme nous le verrons dans la suite de cette notice.

Nous avons un autre moyen d'estimer approximativement la quantité dont le sol s'est abaissé depuis la domination romaine.

L'île des Bataves (île de Walcheren), pas plus que les autres contrées, n'était à cette époque défendue par des digues; c'est d'ailleurs ce qui résulte des descriptions faites par les anciens auteurs. Tacite, entre autres, dit que l'île des Bataves est située entre des bas-fonds.

Pour que cette île fût habitable, sa surface devait donc s'élever notablement au-dessus des plus hautes eaux des syzygies, tandis qu'à présent la surface des tourbières, c'est-à-dire l'ancien sol, est au-dessous des plus basses marées. La différence ne saurait donc être moindre de 8 à 10 mètres; c'est la quantité dont le sol a baissé en 2,000 ans, soit 40 à 50 centimètres par siècle, 4 à 5 millimètres par an.

On voit que ces nombres tiennent une moyenne très-satisfaisante pour de pareils calculs entre ceux que nous avons déduits ci-dessus, en nous basant sur des données tout à fait différentes (1).

Voilà donc une concordance de plus que le calcul établit entre les faits géologiques et les données fournies par l'histoire, qui constate que, dans une période de 20 siècles, l'affaissement progressif du sol a transformé une contrée sablonneuse, couverte d'antiques forêts et de marais fangeux, en un pays de plaines d'une fertilité exceptionnelle, à peu près dépourvu d'arbres et dont le niveau est souvent de beaucoup inférieur à celui de la mer.

Il nous devient facile de suivre à travers les siècles les changements de la surface du sol qu'a dû occasionner cet affaissement progressif.

Du temps où César parcourait ces contrées, la nature agissait librement. A mesure que le sol s'abaissait, en s'inclinant sous la mer, la marée remontait plus avant dans les terres. L'eau de la mer, en contact avec la végétation, la détruisait et

(1) Nous avons vu, par la note de a page 9, que le temple de la déesse Nehalennia a été envahi par la mer vers l'an 270 de notre ère, et qu'en 1646 on en a retrouvé les ruines bien au-dessous des marées les plus basses, ce qui exige un affaissement de 6 à 7 mètres en 1470 années, soit, en moyenne, de 4 à 5 millimètres par an.

Ce calcul coïncide d'une manière remarquable avec ceux que l'on trouve ci-dessus.

transformait les forêts en plages inondées deux fois par jour. Ce sont ces pays qui ont fait dire à Pline, qui les visitait 73 ans avant notre ère : « L'Océan, qui se répand, dit-il, à grands flots sur les terres deux fois par jour, fait douter éternellement si cette contrée est terre ou mer... Les misérables habitants placent leurs cabanes sur des éminences élevées en quelques endroits par la nature, en d'autres par la main des hommes, à une hauteur à laquelle les marées ne montent jamais. A voir ces habitations lorsque les flots les environnent, vous les prendriez pour autant de vaisseaux qui voguent en pleine mer ; quand les eaux se sont retirées, vous croiriez voir des vaisseaux échoués.» Il s'agit ici du pays des *Conches*, peuple que l'on place au nord des Morins.

A mesure que le sol s'affaissait, une partie de la plage passait sous l'eau qui, pénétrant plus avant dans les forêts, y détruisait la végétation.

Le limon recouvrait les tourbières et les troncs d'arbres trop solidement implantés dans le sol pour être déracinés. Ce sont ces antiques débris qui forment les forêts, sous-marines et sous-vaseuses.

Aussi longtemps que les hommes, suivant l'exemple de la végétation, se retiraient devant l'envahissement de la mer, les choses se passèrent avec calme, sans que personne y fit attention, ni que l'histoire inscrivît sur ses tablettes le sort de ces contrées.

Telle est l'origine de ces nombreuses forêts sous-marines dont la géologie signale l'existence non-seulement sous la vase de Belgique, de Hollande, de Prusse, du Danemark, mais encore sous les eaux qui baignent les côtes de France et d'Angleterre, où il est arrivé plusieurs fois que des navires, en relevant leurs ancres, y ont trouvé attachées des souches entières de grands arbres encore couvertes de terre.

Sir H. de la Bêche, dans son *Traité de géologie*, fait mention d'une tranchée de chemin de fer faite en Angleterre, comté de Cornouailles, à travers une forêt sous-vaseuse, dans laquelle les arbres sont encore situés où ils ont poussé; d'autres sont couchés; on y rencontre des crânes, des cornes de bœufs et des bois de cerfs, mêlés de feuilles, de branches et de fragments de racines. Toute cette ancienne forêt est recouverte d'argile, de limon et de sable durci, tandis que dans la partie supérieure on voit la ligne du rivage garnie de végétaux qui y forment un second étage de végétation, tout à fait analogue à celui qui nous occupe.

On voit que ce phénomène d'un affaissement du sol agit sur une grande échelle et qu'il est loin de se borner au sol de la Zélande, qui serait entièrement sous l'eau, si ce n'étaient les digues énormes qui empêchent ce résultat de se produire.

Voyons comment ces célèbres digues ont pu prendre naissance.

Au dire des historiens, les habitants de ces contrées se retiraient dans les îles que la mer formait dans son flux, et ils y élevaient des tertres où ils se réfugiaient, on voit encore de nombreux vestiges de ces élévations; mais le sol s'abaissant graduellement, ils durent protéger leur abri par des digues faciles à construire dans le principe, parce qu'elles ne devaient avoir qu'une faible hauteur.

A mesure que le sol s'enfonçait, on fut obligé d'élever et de renforcer les digues.

Cette lutte de l'homme contre la nature ne fut pas toujours heureuse. Ces digues, mal construites, ont souvent succombé sous l'effort des flots. De là cette multitude d'inondations épouvantables qui détruisirent des centaines de mille personnes, lorsque la mer reprenait possession, en une seule

fois, des contrées qui lui avaient été disputées pendant plusieurs siècles.

Les Hollandais réussirent à préserver la Zélande, au prix de sacrifices inouïs pour élever et entretenir les digues. La seule digue de West-Capelle coûte annuellement 75,000 fl. d'entretien, et si elle venait à manquer, l'inondation qui en résulterait serait d'autant plus terrible qu'elle a été plus longtemps retardée.

Cet affaissement est surtout remarquable par ses grandes dimensions, puisqu'il s'étend depuis le Pas-de-Calais jusqu'au bord de la Baltique; il doit être rangé parmi les grands phénomènes géologiques.

Nous pouvons, des diverses considérations que nous venons d'émettre, formuler la conclusion suivante, qui nous semble mériter l'attention des géologues.

Le littoral de la mer du Nord s'abaisse progressivement, ce qui a fait passer successivement des portions du pays sous les eaux, où elles ont formé des forêts sous-marines, qui ont été plus tard couvertes de vase par le dépôt considérable qui s'est formé à l'embouchure des fleuves.

Tout extraordinaire que puisse paraître cet affaissement progressif d'une partie du continent, il n'en est pas moins prouvé qu'il existe et s'est produit dans des temps assez récents pour qu'ils soient historiques.

Afin de confirmer encore cette conclusion, nous allons la rapprocher de plusieurs faits analogues qui se sont produits dans une autre partie de l'Europe, sur les bords de la Méditerranée, en Italie, près de Naples.

Les colonnes du temple de Neptune et des Nymphes, entièrement submergées, accusent indubitablement un changement de niveau, car il est bien sûr qu'on ne les a pas construites sous l'eau, mais sur le rivage; aujourd'hui, on les

voit presque jusqu'à une profondeur de cinq pieds, dans une eau parfaitement claire ; à partir de là jusqu'à leur base, *elles sont enfouies dans le sable et dans la vase.*

Il existe aussi, dans ces localités, des voies romaines entièrement submergées ; on en voit un tronçon entre Pouzzoles et le lac Lucrin, un autre dans le voisinage du château de Baies ; mais le plus remarquable est celui qui, couvert de débris d'anciens édifices, longe la côte de Sorrente. Sur le golfe de Naples, un des palais de Tibère, dans l'île de Capri, est également enseveli sous la mer.

Les ruines du temple de Sérapis, près Pouzzoles, présentent des circonstances bien autrement extraordinaires que celles que nous venons de rapporter.

Dans ces ruines, trois colonnes de marbre de 40 pieds de hauteur restent encore debout, les autres sont renversées et gisent sur le sol, qui est recouvert d'un pied d'eau à marée basse et de trois à marée haute.

Jusqu'ici, cette observation rentre dans celles que nous avons signalées ci-dessus ; mais voici ce qui l'en distingue et donne lieu à une conclusion toute nouvelle.

M. Zimmermann décrit ainsi ces ruines : « Les trois colonnes restées debout sont parfaitement intactes jusqu'à la hauteur de 12 pieds, tandis que de 12 à 21 pieds, sur un espace de 9 pieds, elles sont percées de trous profonds, œuvre d'un mollusque de la Méditerranée, qu'on désigne sous le nom de *saxicave* ou *lithophage ;* le restant de la hauteur présente les traces de l'action atmosphérique, c'est-à-dire de l'humidité, de la séchcresse, du soleil, etc., mais n'a subi aucune autre modification. Gisants sur le sol du temple, on voit d'autres fragments de colonnes, percés de trous non-seulement à la circonférence, mais aussi aux surfaces de cassure. »

De ces faits on a tiré la conclusion qu'à une certaine époque les colonnes ont dû descendre au-dessous du niveau de la mer, à une profondeur assez grande pour que les lithophages aient pu les entamer à 20 pieds au-dessus de leur base; qu'à l'époque où ceci a eu lieu, le temple était écroulé, les colonnes couchées devant s'être trouvées dans cette position, sans quoi leurs cassures ne seraient pas forées par ces mollusques; qu'enfin le restant a dû être toujours hors de l'eau, et que tout le monument a de nouveau atteint un niveau plus élevé. La différence peut s'évaluer de 20 à 30 pieds, car il n'est pas probable que le temple, tel qu'il est maintenant, ait été construit à un niveau inférieur d'un pied à la marque du flux ordinaire, ce qui ferait 2 ou 3 pieds au-dessous de la marée haute.

Lyell, dit Zimmermann, conclut de ces faits que le sol dans lequel gisent les fondations du temple, se trouvait, à l'époque où a été posé le pavé en mosaïque qui en décorait l'intérieur, c'est-à-dire à peu près cent ans avant notre ère, à 12 pieds environ au-dessus du niveau de la mer; que, dans le cours des deux siècles suivants, il s'était peu à peu abaissé de 6 pieds; qu'ayant continué à s'abaisser, à raison de 3 pieds par siècle, il se trouvait, vers l'an 300, descendu juste au niveau de la mer (ce qui est confirmé par des documents historiques), et que cet abaissement a continué jusqu'au ixe siècle, où, par conséquent, il était à 19 pieds au-dessous du niveau de la mer. Depuis lors, il a remonté tout aussi lentement, mais on ne connaît pas la durée du temps d'arrêt entre la descente et la montée; au bout de neuf siècles, le mouvement ascensionnel s'est de nouveau arrêté à deux pieds au-dessus de son niveau actuel, qui est l'effet d'un nouvel abaissement depuis cette époque.

Voilà un élément nouveau qui s'introduit dans la question. Les ruines du temple de Sérapis établissent que le sol de cette

partie de l'Italie s'est d'abord affaissé, qu'il s'est relevé ensuite pour se rabaisser encore, et tout cela dans les temps historiques qui n'embrassent pas plus d'une période de 20 siècles.

Ici ce ne serait pas un simple abaissement progressif, mais un mouvement d'ondulation qui aurait lieu. Le temple de Sérapis serait semblable à un corps léger, placé sur le dos d'une grosse vague montant et descendant avec sa surface sans changer de position. L'amplitude de l'oscillation serait d'une quinzaine de mètres, et sa durée moins de 2000 ans.

C'est bien le sol qui change de niveau, et non l'eau de la mer qui s'élève et s'abaisse hors de ses limites habituelles; car, s'il en était ainsi, ce changement de niveau eût dû s'étendre à toute la Méditerranée, ainsi que sur la mer Noire, ce qui eût occasionné des désastres inouïs. Comme le fait observer M. Zimmermann, 64,000 lieues carrées eussent été submergées, et l'histoire n'aurait certainement pas passé sous silence une pareille catastrophe.

Ce phénomène, qui s'étend depuis le Vésuve jusqu'à Pouzzoles et depuis Naples jusqu'à Capri, n'est certes pas comparable, pour l'étendue, à l'affaissement du littoral que nous avons constaté sur les côtes de la mer du Nord, car ce dernier embrasse comme étendue une partie considérable de l'Europe. Aussi les 2,000 années qui ont suffit et au delà pour accomplir sur la Méditerranée une oscillation complète, n'ont-elles pu, sur la mer du Nord, que constater une descente progressive.

On est donc naturellement porté à se poser cette question :

L'affaissement constaté des côtes de la mer du Nord est-il destiné à se continuer indéfiniment, ou bien fait-il partie d'une vaste ondulation analogue à celle qui s'est produite sur une échelle beaucoup moindre en Italie?

On sent toute l'importance de cette question pour l'exis-

tence de la Hollande, car, si le sol s'abaisse constamment, elle finira par être engloutie, quelque effort qu'elle fasse pour la soustraire à ce sort fatal, tandis que si c'est une oscillation dont l'intensité descendante approche de son terme, la Néerlande peut se rassurer sur son existence dans les siècles futurs.

On peut espérer que cette dernière solution est celle qui aura lieu, car on a vu, dans le courant de cette note, que l'affaissement a été quatre fois plus considérable de 1452 à 1616 qu'il ne l'a été par la suite jusqu'en 1782. C'est là une question qui mérite à coup sûr d'être éclaircie par tous les documents qu'il serait possible de se procurer.

Certaines considérations géologiques nous font présumer que l'affaissement signalé fait partie d'une longue oscillation; mais, comme nous serions obligé d'éteindre le flambeau de l'expérience pour nous élancer dans le domaine de la théorie, nous préférons terminer ici ce que nous avons à dire sur l'affaissement du sol, et passer à la seconde partie relative à l'envasement.

ENVASEMENT DES FLEUVES.

Nous avons vu que le littoral de la mer du Nord s'abaisse lentement et progressivement sous les flots de l'Océan ; une série de faits incontestables démontrent ce phénomène ; les données de l'expérience et de l'histoire nous ont appris que la moyenne de cet affaissement a été approximativement de 4 à 5 millimètres par an depuis 2,000 ans. Nous avons même été porté à admettre que cet affaissement était autrefois plus rapide qu'il ne l'est de nos jours, et que peut-être il approche de son terme.

Tels sont, en peu de mots, les résultats auxquels nous avons été conduits par les faits. C'est la première des deux propositions que nous avions à établir ; passons à la seconde, qui consiste à prouver qu'il se forme des dépôts terreux et sablonneux très-considérables à l'embouchure des grands fleuves.

Ici notre tâche sera beaucoup plus aisée, car les faits se passent journellement sous nos yeux et l'histoire toute récente nous donne des termes de comparaison d'où il sera aisé de déduire l'intensité de cet autre phénomène.

Les terres s'accroissent de deux façons: par le sable que le vent transporte, et par la vase que les eaux déposent.

Les dunes sont dues à cette première cause, et le sable, poussé par le vent, a envahi des contrées assez étendues; mais ces effets, tout intéressants qu'ils sont, ne font pas essentiellement partie du sujet qui nous occupe ; nous les passerons sous silence en disant, toutefois, que les dunes ont une tendance constante à s'avancer vers l'intérieur des terres ; qu'il

leur arrive parfois d'ensevelir un village tout entier pour le laisser plus tard sur le bord opposé du côté de la mer, qui ne tarde pas à engloutir ce qui en reste; c'est ainsi que les habitants de la ville de Domburg ont été obligés de se retirer vers l'intérieur pour y établir de nouvelles constructions; on voit encore, par des marées très-basses, les ruines des maisons qui se trouvent sur l'ancien emplacement de la ville.

Quant à l'envasement par le limon, nous nous étendrons davantage sur ses causes et ses effets.

A mesure que le sol s'enfonçait sous l'Océan, la mer avait une tendance plus prononcée à s'étendre plus avant dans les terres; seules les digues, soit naturelles, soit artificielles, mettaient obstacle à cet envahissement de l'eau.

Mais lorsqu'une digue se rompait par une tempête violente, la mer prenait, en une seule fois, possession de tout le terrain qui lui avait été disputé; de là ces inondations dont l'histoire nous a transmis les effrayants souvenirs. Elle nous apprend qu'un siècle avant l'ère chrétienne, les peuples du Jutland et contrées voisines furent obligés de fuir devant un épouvantable déluge (déluge cimbrique). Selon Plutarque, cette émigration forcée a fourni 300,000 hommes en état de porter les armes et une multitude de femmes et d'enfants, tant Cimbres qu'autres, qui trouvèrent la mort dans les combats, en Espagne et en Italie.

Depuis le déluge cimbrique jusque vers l'an 800 de notre ère, il ne paraît pas qu'il y ait eu de grands ravages exercés par les débordements; mais, le 26 novembre 839, une tempête furieuse rompit les digues, inonda presque toute la Frise et renversa 2,437 habitations.

Le onzième et le douzième siècles furent remplis de calamités de ce genre; c'est à cette époque que le roi Henri I[er], d'Angleterre permit aux habitants de ces contrées de se trans-

porter dans la province de Galles, aux environs de Rosset de Pembroke, où leurs descendants continuent d'habiter. D'autres émigrations eurent lieu vers l'Allemagne.

L'inondation de 1221 coûta la vie à 40.000 personnes; celles de 1230 et 1242, à plus de 100,000 personnes chacune; la perte des bestiaux était incalculable.

Le 19 novembre 1421 eut lieu un terrible débordement, qui inonda 72 villages ou hameaux et forma le *Biesbosch*.

Le 5 novembre 1530, toute la partie est de l'île de Zuidt-Beveland passa sous l'eau avec la ville de Reimerswale et vingt villages.

L'une des tempêtes les plus affreuses fut celle du 1er novembre 1570, qui ravagea toutes les côtes depuis Calais jusqu'en Norwége; des villages entiers périrent avec tous leurs habitants, et l'on élève à plus de cent mille le nombre des victimes.

Nous n'avons fait que rapporter quelques-unes de ces innombrables catastrophes qui ont si largement entamé les côtes de la mer du Nord et couvert d'eau, plus ou moins profonde, toute cette immense plaine, formée de vase, que nous avons décrite en parlant de l'abaissement du sol du littoral. Ils établissent d'une manière positive que l'eau salée a eu toute facilité pour se répandre sur cet immense espace, bouleverser la surface du sol, y creuser ces profonds sillons que nous connaissons maintenant sous les noms d'Escaut oriental et occidental, de Zwyn, de Brakman, de Sloe, de Hollandts Diep, etc. Ces cours d'eau ont dû être au moins profondément modifiés; aussi n'est-il pas étonnant que César ait dit que l'Escaut se rendait directement dans la Meuse, tandis que son cours actuel va vers la mer; que la Meuse avait une embouchure immense, tandis que de nos jours elle est très-modeste.

Nous ne chercherons pas à suivre les variations du cours des fleuves dans les données vagues que fournit l'histoire ; il suffit, pour notre sujet, de faire remarquer que la plaine vaseuse a été recouverte d'eau sur une épaisseur plus ou moins considérable, et que cette couche d'eau était en communication avec la mer par des ouvertures larges et profondes.

Remarquons, en passant, que les ouvertures d'une grande plage inondée en communication avec la mer sont nécessairement larges ; car, supposons un instant qu'il n'y ait dans une digue qu'un trou de petite dimension, il arrivera que, dans la marée haute, l'eau y prendra une grande vitesse pour se répandre dans la plaine; or les bords du trou étant en terre meuble, seront délavés et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'eau, par suite de l'augmentation de l'orifice, n'ait plus assez de vitesse pour entraîner les terres et les sables qui s'opposent à son passage.

On voit que lorsqu'une plaine est inondée par l'eau salée, l'ouverture par laquelle elle communique avec la mer est en rapport avec ses dimensions, d'autant plus large et profonde que la plaine offre plus de capacité pour recevoir l'eau du flux.

Cette observation a une grande portée, car, si elle est bien comprise, elle rendra parfaitement compte de ce qui se passe dans les envasements; nous allons donc entrer dans quelques développements à ce sujet, et pour mieux nous faire comprendre, nous choisirons parmi ces embouchures l'une de celles qui se sont envasées à peu près complétement depuis les temps historiques. Il nous suffira ensuite d'étendre le même raisonnement à toute la plaine vaseuse, pour donner une idée nette de ce qui a eu lieu anciennement et de ce qui doit inévitablement se produire encore.

Nous prendrons pour exemple le Zwyn.

Le Zwyn doit son origine à l'une de ces grandes inondations si fréquentes autrefois.

Anciennement le Zwyn était un bras de mer puissant; c'est par cette embouchure que se faisait, dans le moyen âge, tout le commerce des puissantes cités des Flandres qui, à cette époque, n'avaient pas de rivales commerciales dans le monde entier.

C'est encore par le Zwyn que les vaisseaux armés en guerre pénétraient dans la rade du magnifique port de *Dam*, qui, en 1213, donna asile à la flotte de Philippe-Auguste, forte de 1700 voiles.

D'anciennes chroniques, datant de 1243, appellent le Zwyn le corps de la mer (*het lichaam van de zee*), voulant désigner par cette épithète la plus importante des bouches de l'Océan.

Que sont devenues ces eaux larges et profondes, par lesquelles il entrait 150 navires marchands en une seule marée et sur lesquelles on pouvait livrer des batailles navales? Ce qu'elles sont devenues? des prairies, des terres cultivées et des fermes; le Zwyn lui-même n'est plus qu'un fossé bourbeux privé d'eau, qui sera sous peu endigué pour le rendre à la culture.

Cet immense envasement n'a exigé que les 600 années écoulées depuis le XIIIme siècle jusqu'à nos jours.

Les faits de l'envasement sont incontestables; donnons-en la cause.

Nous ferons remarquer que l'eau en mouvement a une tendance à entraîner le sol sur lequel elle coule; cette action est d'autant plus énergique que l'eau se meut avec plus de rapidité. On a cherché, par expérience, à mesurer la vitesse que l'eau doit avoir pour entamer le sol sur lequel elle se meut, et l'on a trouvé les relations suivantes entre la nature

du sol et la vitesse que l'eau doit avoir pour l'attaquer.

Vitesse que l'eau peut acquérir sans dégrader le fond des canaux composés en:

Terres brunes détrempées	0^{m},07 1/2	par seconde.
Argiles tendres	0,15	»
Sables.	0,30	»
Gravier.	0,60	»
Gros cailloux	1,20	»

L'on peut, à chaque promenade que l'on fait le long d'un ruisseau, voir l'application de ces principes.

Suivez un ruisseau quelconque ; vers sa source il aura, en général, une pente prononcée, l'eau y acquerra beaucoup de vitesse ; si elle surpasse 30 centimètres par seconde, le sol sera caillouteux, car le sable sera entraîné.

Plus bas, la pente diminue, et la vitesse de l'eau finit par être inférieure à 30 cent. de vitesse par seconde ; le fond du ruisseau devient sablonneux, sans mélange de terres meubles qui sont encore entraînées.

Plus loin encore, lorsque le ruisseau vient serpenter dans les prairies, sa vitesse y est presque nulle : aussi son fond devient-il bourbeux parce que la vitesse inférieure à 7 ou 8 centimètres par seconde est incapable d'entraîner les terres détrempées qui viennent se déposer sous forme de vase, d'autant plus ténue que l'eau est plus dormante.

C'est une chose curieuse que de suivre un petit ruisseau, coulant d'abord sur des cailloux anguleux, remplacés bientôt par du gravier, puis par du sable, grossier d'abord, fin ensuite, et, enfin, prenant un fond de vase liquide dans laquelle un bâton pénètre aisément. Quelques corps légers, jetés à la surface de l'eau, vous en indiqueront la vitesse, et, au bout de quelques expériences, l'aspect du fond du ruisseau suffira pour estimer avec assez d'exactitude la vitesse du cours de l'eau.

Cette petite digression ne sera pas perdue, car elle nous fera voir que la nature ne change pas de principes, soit qu'il s'agisse de l'envasement des grands fleuves, soit qu'elle règle le cours d'un humble filet d'eau.

Revenons au Zwyn; par suite d'une tempête ou par toute autre cause, il se sera formé une brèche dans les dunes à l'endroit où se trouve l'embouchure; la mer se sera précipitée dans cette ouverture pour inonder les terres sur la très-grande étendue qui se trouvait plus basse que son niveau; la vitesse acquise, étant de beaucoup supérieure à celle nécessaire pour entraîner les sables, aura rapidement augmenté les dimensions de l'ouverture en entraînant la digue; quelques marées auront suffi à la mer pour élargir cette première brèche, jusqu'à ce que la vitesse fût réduite à une trentaine de centimètres par seconde, terme auquel l'eau n'a plus eu la puissance de ronger les bords de l'ouverture.

Au delà de l'embouchure, l'eau s'étend sur les terres, la vitesse diminue, et le courant, n'ayant plus la même puissance, se creuse un lit d'autant moins large que le volume de l'eau courante diminue davantage; c'est ce qui donne cette forme évasée que l'on remarque à tous les fleuves vers leur embouchure, lorsqu'elle est soumise à l'influence du flux et du reflux de la mer.

A la limite de l'inondation, la vitesse de l'eau est nulle, aussi le sol ne s'y creuse pas : tout au contraire, il y a tendance, dans ces endroits, à y laisser déposer le limon dont l'eau d'inondation est chargée.

Tel était l'état du Zwyn, bien peu de temps après l'inondation qui lui a donné naissance. A partir de cette époque commence le travail d'envasement, dont il nous sera aisé de suivre les développements. Nous ferons remarquer que les principes que nous invoquons pourront s'appliquer à toute

contrée inondée par le flux, tout aussi bien qu'au Zwyn.

Divisons la contrée inondée en trois zones :

La première contenant le chenal et les criques environnantes, où l'eau acquiert une vitesse de 15 à 30 centimètres par seconde;

La seconde zone entourant cette première, où la vitesse de l'eau acquerra de 7 à 15 centimètres de vitesse ;

Enfin, la troisième zone se terminant aux limites de l'inondation, où la vitesse restera inférieure à 7 centimètres par seconde.

Voici ce qui doit nécessairement arriver :

Dans la bande extérieure, le limon se dépose et y reste comme dans le fossé d'une prairie, car la vitesse de l'eau est trop faible pour attaquer le fond vaseux qui s'y est produit.

Dans la zone intermédiaire le sable seul se dépose, car un fond composé de limon ne saurait s'y former. Il serait entraîné à chaque reflux par la vitesse que l'eau y acquiert.

Enfin, dans la première zone, il faut un sable très-grossier et fort lourd pour qu'il puisse occuper le fond, car la vitesse de l'eau est suffisante pour disperser tout dépôt de cette nature.

Ces mêmes choses se répètent deux fois par jour, puisqu'il y a journellement deux marées.

Nous connaissons maintenant la manière dont commence l'envasement; sur tout le pourtour de l'inondation il se forme un envasement composé d'un limon très-fin et très-fertile, qu'on livre à l'agriculture en l'endiguant; moins près des bords, c'est un ensablement qui se produit; enfin, dans le chenal et ses embranchements, l'ensablement ne se produit pas encore, ou, du moins, il est très-faible et composé d'un sable très-grossier.

Voilà l'état des choses au point de départ de l'envasement.

A mesure qu'il fait des progrès, la quantité d'eau répandue sur les terres à chaque marée diminue, et les trois zones que nous avons indiquées se resserrent.

Des phénomènes semblables à ceux que nous venons de décrire continuent à se produire, mais dans un espace plus resserré et moins profond de tout le volume de la vase et du sable qui se sont déposés.

Alors la vase se dépose sur une partie de la zone moyenne, qui, à son tour, vient empiéter sur l'espace occupé par les eaux profondes. Le chenal lui-même voit se former des bancs de sable, car ses dimensions primitives sont trop vastes pour que la vitesse de l'eau s'y maintienne à 30 centimètres par seconde nécessaire pour balayer le sable.

Cette action, se poursuivant incessamment de siècle en siècle, a successivement restreint l'espace occupé par les trois zones, et cela au point que le Zwyn lui-même ne devant plus livrer passage qu'à une très-faible quantité d'eau, la vitesse y a été réduite à moins de 7 centimètres par seconde, et, par conséquent, l'envasement s'en est emparé. Il a eu lieu d'une façon si énergique, qu'il est mûr pour être totalement transformé en polders.

L'eau ne pénétrant plus par cette ouverture, autrefois si large et si profonde, les dunes vont se reformer, en masquer complétement l'entrée, et son existence même ne pourra plus être soupçonnée dans les siècles futurs.

La nature des terres qui composent les polders est facile à concevoir; les plus anciens, ceux qui formaient les limites des inondations, se composent d'une simple couche de limon reposant sur un sable d'une formation plus ancienne. A mesure que l'on s'éloigne de ces limites, l'épaisseur de la couche de terrain fertile augmente et se superpose à un amalgame de limon et de sable, où ce dernier prédomine d'autant plus, vers

le bas, que le bras de mer était primitivement plus profond.

Voilà comment ce bras de mer, autrefois si vaste, si profond et si célèbre par son immense navigation, a disparu de la carte et se trouve remplacé par des terres d'une fertilité exceptionnelle.

Ce que nous venons de décrire n'est point spécial au Zwyn, mais s'applique à toute la contrée qui s'étend de Calais aux rives de la Baltique. Partout c'est le même principe; seulement, pour certaines contrées, l'envasement est un fait accompli, tandis que, pour d'autres, c'est un travail en voie de progression. Ce ne sont là que des nuances d'un même phénomène.

Ce que nous avons dit du Zwyn concernant les atterrissements dont il a été l'objet, ne doit rien laisser d'obscur sur la formation de cette immense plaine vaseuse de 5 millions d'hectares au moins, formant le littoral de la mer du Nord et d'une partie de celui de la Baltique.

Partout c'est le même principe qui a agi; la zone extérieure, celle qui touche aux terres hautes, s'est comblée d'abord, et l'atterrissement, gagnant du terrain, s'est rapproché du chenal des rivières navigables, qui sont, à leur tour, attaquées très-sensiblement par l'ensablement et l'envasement.

Cet envasement des voies de haute navigation se manifeste chaque jour par les difficultés croissantes qu'éprouvent les navires à se rendre dans les ports situés à l'intérieur du pays, sur le bord des cours d'eau profonds.

La circonstance que nous venons de signaler est fâcheuse pour les nations qui possèdent ces ports, mais ce n'est pas une raison valable pour qu'elles se fassent illusion sur le résultat final, ni pour qu'elles dénient les faits. Cette manière d'agir ne remédie en rien au mal qui va et ira constamment en croissant, jusqu'à ce que la nature ait achevé son œuvre. Il vaut mieux, suivant nous, connaître positivement ce que l'on

doit redouter par la suite, afin de chercher, longtemps à l'avance, les moyens de suppléer à ces voies navigables qui s'oblitèrent chaque jour et menacent sérieusement de faire défaut.

Nous pouvons, à cet égard, citer une foule de faits.

Les navires marchands se rendaient autrefois à Rotterdam par le Droogen, embouchure de la Meuse; depuis longtemps ce bras de mer est devenu impraticable à la haute navigation commerciale. On y a suppléé en empruntant le Brouwershaven pour atteindre la ville du même nom, et, si les navires n'ont qu'un faible tirant d'eau, on atteint le Haring-Vliet et le canal de Voorne, que l'on a récemment creusé pour faire communiquer ce dernier bras de mer avec la Meuse, sur laquelle se trouve Rotterdam.

Cette nouvelle voie navigable s'oblitère à son tour et présente à la navigation des obstacles sérieux, que l'on ne surmonte pas toujours sans danger et qui, dans tous les cas, causent des dépenses considérables, environ 2,600 florins par navire de 600 à 700 tonneaux, pour allégement du navire, entretien d'un pilotage exercé, etc. D'ailleurs les grands paquebots transatlantiques ne peuvent en aucune façon se rendre directement à Rotterdam, et l'on songe sérieusement aux moyens de remplacer cette navigation imparfaite par de nouvelles constructions fluviales.

Des envasements analogues accroissent chaque jour les difficultés que l'on éprouve pour atteindre les ports de Hambourg sur l'Elbe, de Brême sur le Weser, etc.

Partout les mêmes causes produisent les mêmes effets, qui auront pour résultat final l'envasement complet du terrain au travers duquel les fleuves roulent lentement leurs ondes dans un lit disproportionné avec la quantité d'eau douce qu'ils conduisent à la mer. Les grandes dimensions de l'embouchure

n'existeront plus que vers la jonction avec la mer pour loger le flux de la marée montante.

L'Escaut occidental est le bras de mer le plus puissant de ceux qui subsistent encore ; il permet aux plus gros navires du commerce d'atteindre les bassins d'Anvers, à la condition toutefois de profiter de la marée haute et souvent d'avoir recours à la puissance de la vapeur pour se faire remorquer.

Disons quelques mots relatifs à ce fleuve.

Au commencement du XIVe siècle, il y avait sur la rive gauche de l'Escaut plus de 50 mille hectares de terres entièrement submergées à marée haute et plus ou moins découvertes à marée basse ; l'immense quantité d'eau nécessaire à cette immersion devait passer deux fois par jour, soit par le Zwyn, soit par l'Escaut. Il fallait donc à ces embouchures des proportions gigantesques pour que la vitesse n'y fût pas supérieure à 30 centimètres par seconde, sans quoi elles se fussent encore élargies en délavant les bords.

Mais à présent que ces cinquante mille hectares sont endigués et rendus à la culture, le flux n'amène plus dans l'embouchure de l'Escaut qu'une quantité d'eau incomparablement plus faible que celle autrefois nécessaire. Il est évident que si les dimensions du chenal étaient restées les mêmes, la vitesse de l'eau y serait presque nulle, ce qui donnerait lieu à un envasement excessivement rapide.

Au lieu de conserver toute sa puissance première, le chenal a dû successivement s'amoindrir à mesure que la quantité d'eau qui y passait diminuait.

D'ailleurs, ce phénomène se reproduit encore journellement sous nos yeux ; depuis l'année 1811 jusqu'à nos jours, la surface des polders pris aux dépens de la largeur de l'Escaut n'est pas moindre de 5,000 hectares, et de nouveaux polders très-étendus seront conquis sous peu sur le domaine de la mer.

Les mêmes principes qui gouvernent l'envasement des terres submergées s'appliquent à un chenal devenu trop large; rien ne nous sera plus aisé que de suivre ce phénomène.

La vitesse n'est pas la même dans toutes les parties d'un cours d'eau ; c'est vers les bords qu'elle est le plus faible, et le maximum de vitesse répond assez exactement à la partie la plus profonde ; c'est ce que l'expérience confirme tous les jours.

Dans les endroits de la rive du fleuve où la vitesse de l'eau reste inférieure à 15 centimètres par seconde, il se forme à chaque marée une couche de sable plus ou moins fin; ces dépôts s'augmentant à chaque marée d'une nouvelle couche, il arrive bientôt que la plage s'élève au-dessus des marées basses. A mesure que le terrain s'exhausse par ces dépôts successifs, la richesse en limon s'augmente, et l'on a observé que la grève laissée à sec *brille au soleil* lorsque sa hauteur est telle qu'elle n'est plus que la moitié du temps sous l'eau : de là le nom de *blik* que l'on donne dans la contrée à l'envasement qui en est arrivé à ce point.

Ces *blikken* continuent à augmenter de hauteur, et les plantes marines commencent à y croître et contribuent à accumuler la vase sur ces points ; aux plantes marines succède l'herbe, qui commence à se montrer dès que l'eau salée n'inonde plus ces parties surhaussées que pendant un quart du temps de la marée ; c'est ce que l'on nomme les *scoren*, qui forment une excellente pâture pour les moutons.

Lorsque les scoren ont acquis une certaine étendue, on les endigue pour les livrer à l'agriculture. Puis une série de mêmes phénomènes se renouvelle dans l'ordre que nous venons d'indiquer, jusqu'à ce qu'un nouveau polder vienne s'ajouter aux anciens et ainsi de suite, toujours aux dépens de la largeur du fleuve.

Les atterrissements ne se font pas exclusivement sur les bords; on remarque aussi qu'il s'y produit des bancs de sable. La raison en est très-simple à saisir: si, par une cause quelconque, l'intensité du courant se trouve diminuée ou détournée d'un endroit du fleuve, et que, par suite, la vitesse y devienne inférieure à 30 centimètres, le sable s'y déposera et détournera le courant de plus en plus. Il doit donc se former d'abord des bas-fonds, puis des bancs de sable qui viennent sortir de l'eau à marée basse. L'étendue de ces bancs augmente sans cesse, et il arrive même parfois qu'ils se recouvrent de limon et de végétation, ce qui les transforme en de véritables îles placées au milieu du fleuve.

Les *barres*, les *deltas*, les *bancs de sable* qui obstruent l'entrée de la plupart des fleuves sont tous dus à la même cause.

Les crues des fleuves donnent momentanément lieu à un large excédant de volume et de vitesse à l'eau douce, qui alors ronge l'embouchure aux dépens des terres qui en forment les rives.

Lorsque cette cause accidentelle cesse, l'embouchure est devenue trop large et la vitesse nécessaire pour entraîner les sables n'existe plus; de là un dépôt, l'origine d'un banc qui s'augmente d'autant plus qu'en été l'eau supérieure diminue tout à la fois de volume et de vitesse.

A la crue suivante, les passages restés libres dans les basses eaux deviennent de nouveau insuffisants; le banc de sable et la rive du fleuve sont attaqués tous deux; mais comme le sable se déplace moins aisément que les terres brunes qui, en général, limitent l'embouchure, il y a accroissement de largeur du fleuve; puis, lorsque la crue est passée, les dépôts recommencent et accroissent ceux qui étaient précédemment formés; c'est ainsi que prennent naissance et se développent à l'entrée des fleuves, *les barres*, *les deltas*, *les bancs de sable*, *les dé-*

placements des passes et tous ces changements de régime qui rendent la navigation si difficile.

Lorsque le courant, à force d'être rejeté sur l'une des rives, finit par devenir trop long, il arrive qu'une crue exceptionnelle passe avec violence au travers du delta et forme une nouvelle passe (1).

(1) M. Durocher, géologue de l'expédition partie pour faire les études du canal de Nicaragua, vient d'envoyer en Europe un premier rapport où nous lisons les faits suivants, qui se rapportent, comme ceux que nous avons décrits, à la théorie de l'envasement.

Le Rio-San-Juan est un fleuve important, non par l'étendue de son cours, mais par le volume considérable de ses eaux ; car il forme l'unique débouché des lacs de Nicaragua et de Managua, ainsi que des nombreuses rivières qui descendent des montagnes environnantes. Comme vous pourrez en juger à l'inspection de la carte de M. Thomé de Gamond, il s'est formé à l'embouchure de San-Juan un delta assez étendu, et dont j'ai exploré une partie en pirogue. A l'intérieur de ce delta il y a de nombreuses ramifications fluviales, non marquées sur les cartes, et plusieurs lagunes : le port de Greytown est lui-même formé par une portion d'une de ces lagunes. Il s'est produit, à une époque récente, des changements remarquables dans le delta : d'après des renseignements qui nous ont été communiqués, ce n'est guère à plus d'un demi-siècle que remonte l'origine de la branche principale du San-Juan, celle que l'on nomme le *Rio-Colorado*. Depuis la fin du XVIII[e] siècle, les atterrissements produits à l'ancienne embouchure, près de Greytown, ont forcé les eaux du fleuve à suivre une nouvelle issue, celle du Rio-Colorado, qui n'est point en ligne courbe, comme l'ancien lit, mais qui offre une direction presque droite, à peu près suivant le prolongement de la partie du fleuve située en amont. Néanmoins, c'est seulement depuis vingt-cinq à trente ans que ce nouveau lit a acquis toute sa largeur. Vu de la mer, il ressemble à un vaste canal, creusé en tranchée, au milieu de l'épaisse forêt qui couvre les anciens dépôts du delta, et c'est aujourd'hui par cette voie que s'écoule la plus forte masse des eaux du San-Juan. L'ancien lit qui aboutit à Greytown est maintenant en grande partie obstrué par des atterrissements, et il est résulté un vaste réseau de lagunes, de marais et d'îles verdoyantes, séparés par des bras de rivière. La nature de la végétation permet de reconnaître l'ancienneté relative des diverses parties du delta. Les dépôts formés depuis longtemps, et de beaucoup plus étendus, sont couverts d'épaisses forêts; mais dans les portions récentes

C'est ainsi que l'embouchure des fleuves augmente en largeur et diminue en profondeur, à moins que les bords de l'embouchure ne se composent de roches compactes, auquel cas l'embouchure reste profonde, mais ce dernier cas est fort rare.

A mesure que ces atterrissements se multiplient, la quantité d'eau qui pénètre sur les terres diminue; c'est ainsi que l'atterrissement devient la cause du courant moins fort, lequel, à son tour, devient la cause d'un nouvel atterrissement, et ainsi de suite; il n'y a d'autre limite à cette action progressive que l'atterrissement complet, à moins cependant qu'un cours d'eau douce, descendant de lieux plus élevés, ne

croissent des cypéracées et beaucoup de plantes herbacées qui vivent dans les marais. C'est à une période plus avancée que les atterrissements sont consolidés par des mangliers et autres végétaux arborescents.

Naguère le port de Greytown communiquait avec la mer par une large entrée, présentant une profondeur d'eau d'environ 8 mètres; mais, après que les eaux fluviales eurent ouvert la grande artère du Rio-Colorado, l'action des eaux marines n'étant plus arrêtée, dans la partie occidentale du delta, par un grand courant terrestre, le cordon littoral qui l'entoure s'est agrandi vers l'ouest, et la passe du port de Greytown est devenue de plus en plus étroite, et en même temps de moins en moins profonde. Il n'y a qu'un an, elle avait encore près de deux mètres de largeur et 6m,50 de profondeur, tandis qu'aujourd'hui elle n'a plus qu'une soixantaine de mètres de largeur et sa profondeur est réduite à 5m,50. Néanmoins, le cordon littoral n'est pas d'une fixité absolue, car tout récemment une large brèche s'y est formée dans la partie qui, sous le nom de *Punta arenas*, entoure la lagune de Greytown, et cette rupture a entraîné la destruction de bâtiments qu'y avaient élevés des Américains.

Il y a d'ailleurs une cause d'instabilité dans le régime du cours inférieur du fleuve, c'est que, à l'embouchure du Rio-Colorado, qui est l'issue la plus directe et de beaucoup la plus importante, il se produit, sous l'action des vagues poussées par le vent du large, une barre qui, en mettant obstacle à l'écoulement des eaux, tend à envaser cette bouche et à lui faire perdre le rôle prédominant qu'elle joue aujourd'hui. L'existence d'une barre et l'absence d'abri contre les vents dominants interdisent aux navires l'accès du Rio-Colorado et ne permettent guère d'en faire l'entrée du canal interocéanique.

vienne entretenir la vitesse de l'eau dans le chenal pour le maintenir libre d'ensablement.

Pour l'Escaut, il y a une énorme disproportion entre la quantité d'eau douce amenée de l'intérieur des terres et la largeur du lit du fleuve entre Anvers et la mer; c'est pour cette raison que l'ensablement et l'envasement y sont si actifs. Le calcul établit que l'eau douce n'est pas même la centième partie de la totalité de l'eau qui entre dans le chenal à chaque marée.

Depuis longtemps le Rhin et la Meuse viennent humblement verser leurs eaux dans la mer, sans cette extravagance de dimensions qu'affecte, depuis Anvers jusqu'à la mer, le filet d'eau que l'on nomme l'Escaut supérieur; cependant cette modestie d'embouchure, pour le Rhin et la Meuse, n'a pas toujours existé. César nous révèle que, de son temps, ***l'embouchure de la Meuse était immense.*** Elle s'est depuis réduite aux dimensions que nous lui connaissons.

Le terme de l'envasement sera atteint pour l'Escaut lorsqu'il circulera dans la plaine vaseuse avec les dimensions requises pour le volume de l'eau douce qu'il charrie.

En attendant, les bancs de sable, les bas-fonds, les blikken, les scoren, etc., viendront de plus en plus obstruer la navigation, comme cela a eu lieu pour Bruges et Gand, comme cela se produit pour Brême, pour Hambourg, pour Amsterdam, pour Rotterdam et, enfin, pour Anvers.

Dans les diverses localités que nous venons de nommer, on n'a pas été sans songer aux remèdes que l'on pourrait apporter à un état de choses aussi fâcheux; ainsi, à Amsterdam, MM. Burn et Jaëger ont proposé de faire un canal à travers les terres pour rejoindre directement la mer du Nord.

L'ingénieur Caland a proposé d'améliorer la navigation de Rotterdam à la mer, en suivant le bras de mer dit ***le Scheur***,

au nord de l'île de Rosenburg, de traverser ensuite par un canal le terrain dit Coin de Hollande, pour arriver en mer au Brielsche-gat. Ce projet a reçu l'approbation du waterstaat.

En Belgique, l'on doit à M. Van Alstein un projet de port sur la mer du Nord, avec un canal dont les triples branches aboutiraient à Bruges, Gand et Anvers.

Les projets que nous venons de mentionner, et probablement d'autres encore, font voir que l'envasement des fleuves n'est nullement un fait qui passe inaperçu, et que de tous côtés l'on s'ingénie à remédier à un mal qui fait des progrès constants.

Sous le rapport commercial, ce n'est pas là une question de mince importance. En effet, Anvers est actuellement le seul des ports situés un peu en avant dans les terres qui ait le privilége de pouvoir encore recevoir les grands navires transatlantiques; mais la navigation de l'Escaut devient chaque jour plus pénible par suite de l'envasement progressif, et il est facile de voir que cet avantage que possède encore Anvers sur les autres ports n'est que momentané; tous seront bientôt dans une situation analogue, et tous auront besoin de se créer des voies navigables artificielles. Il est évident que le peuple qui le premier réalisera une communication fluviale ne laissant rien à désirer aura, par ce fait, acquis dans le commerce du monde une haute prépondérance, si ardemment disputée entre les grands ports rivaux.

RÉSUMÉ.

En nous appuyant uniquement sur des faits historiques et géologiques incontestables, nous avons été conduit aux résultats suivants :

La partie nord-ouest du continent européen s'abaisse lentement et progressivement sous les flots de l'Océan.

L'affaissement du sol a eu pour conséquence des inondations terribles qui ont envahi tout le territoire bordant la mer du Nord, depuis Calais jusqu'aux bords de la Baltique.

Toute cette contrée était primitivement couverte d'immenses forêts que l'eau salée est venue détruire, en ne conservant que les troncs des arbres restés debout dans le sol primitif.

Les vastes plaines d'eau, résultat de ces inondations, se sont successivement envasées en commençant par les bords, où l'élévation du sol servait de limite à la mer, et l'envasement, gagnant de proche en proche, le continent a reconquis le terrain que la mer lui avait emprunté; mais l'aspect du terrain reconquis est bien différent de celui qu'il offrait lorsque l'Océan s'en est emparé; car la mer, qui avait pris des terrains sablonneux légèrement accidentés, recouverts de marais et d'arbres séculaires formant d'épaisses forêts, les a rendus en terre d'un niveau pour ainsi dire complet, mais dépourvue de sa parure forestière; en revanche, cette terre, sortie du sein des flots, est douée d'une fertilité exceptionnelle; elle est couverte de gras pâturages se prêtant merveilleusement à l'élève du bétail, et l'on y récolte en abondance tous les produits agricoles.

Cette contrée montre deux étages de végétation complétement distincts et séparés par un dépôt de vase; l'infé-

rieur se compose des restes de forêts épaisses ; celui qui est au-dessus, à peu près privé de bois, est couvert d'herbes et de graminées.

Cette œuvre de la nature, accomplie, au moins en grande partie, dans les temps historiques, laisse quelques parties inachevées que la mer occupe encore. Ce sont les embouchures des fleuves qui sont plus larges que ne le requiert le volume d'eau qu'ils amènent à la mer, et ce que l'on appelle les eaux intérieures de la Hollande. Mais la nature travaille activement et fera que bientôt la mer se sera acquittée envers le continent en lui restituant tout ce qu'elle lui avait pris.

Alors les fleuves, coulant lentement dans cette plaine horizontale, n'auront plus que la largeur requise pour conduire à la mer les eaux douces qu'ils charrient, et les peuples qui possèdent les ports situés sur ces cours d'eau feront bien de songer dès aujourd'hui aux moyens de créer des communications directes avec la mer.